

И.о. директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем передачи информации им. А. А. Харкевича Российской академии наук (ИППИ РАН)



Член корреспондент РАН

М. В. Федоров

«25» 10 2023 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Давыдова Никиты Сергеевича на тему: «Анализ одного класса последовательностей биомедицинских изображений с доменной адаптацией нейросетевых моделей и обучением на основе условно-реальных данных», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение

### Актуальность темы

Функциональная магнитно-резонансная томография (фМРТ) – это разновидность магнитно-резонансной томографии, специализированная на изучении головного мозга и основанная на корреляции между активностью нейронов и мозговым кровотоком. Изображения, получаемые в ходе фМРТ, используются для в том числе для лечения различных заболеваний. Качество получаемых фМРТ изображений во многом определяет качество диагностики и адекватность выбранной терапии.

Входящий №	206-8044
Дата	25 ОКТ 2023
Самарский университет	

На качество данных фМРТ влияет множество факторов – начиная от физиологических особенностей испытуемого, заканчивая возможной неисправностью самого оборудования. Своевременное обнаружение искажений в получаемых данных позволит не только снизить процент брака, но и затраты на проведение фМРТ процедуры. Методы доменной адаптации нейросетевых моделей в отличие от статистических и прочих методов машинного обучения позволяют учесть индивидуальные особенности каждого участника фМРТ эксперимента и в комбинации с обычными методами анализа данных позволяют увеличить точность обнаружения аномалий в данных в режиме реального времени.

Разработка методов доменной адаптации является актуальной темой исследования, которой и посвящена диссертационная работа Давыдова Н. С.

### **Структура и содержание работы**

Структура диссертационной работы Давыдова Н. С. отражает особенности решаемой задачи.

Во введении сформулирована цель и задачи исследования, направленного на разработку методов доменной адаптации нейросетевых моделей на основе метаобучения в проблеме анализа качества фМРТ данных в режиме реального времени. Обосновывается актуальность темы. Чётко обозначены позиции научной новизны, на которые претендует автор. Приводятся основные положения, выносимые на защиту и сведения об апробации основных результатов исследования на научных конференциях и о публикациях, из которых две – в изданиях входящих в перечень ВАК.

В первой главе выполнен обстоятельный обзор области применения предлагаемых разработок в сфере машинного обучения и анализа данных. Описывается процедура функционального МРТ и то, как получают данные, которые в дальнейшем будут использоваться в работе. Также приводится обзор программного комплекса OpenNFT, описывается его рабочий процесс и то, какой функционал он предлагает для дальнейшего внедрения процедур анализа и контроля качества данных фМРТ диагностики. Делается вывод о

необходимости внедрения этих процедур в программный комплекс и обосновывается важность их разработки для данной сферы.

Вторая глава посвящена разработке метода доменной адаптации нейросетевых моделей на основе крупношагового метаобучения. Приводится алгоритм метаобучения нейросетевых моделей с обучением на условно-реальных данных и дальнейшей адаптацией к реальным данным. Описан алгоритм генерации синтетических условно-реальных данных с добавлением аномалий вида «ступенька» и параметров шума, перенесённых из реального сигнала. Процесс извлечения параметров шума с помощью дискретного вейвлет преобразования также описан во второй главе. Представлен модуль полуавтоматической разметки реальных данных на основе сравнение статистических характеристик двух скользящих по сигналу окон с последующей ручной корректировкой разметки. После описания всех разработок следуют результаты расчёта точности классификации на синтетических данных, приводятся параметры обучения на каждом из этапов. На третьем этапе метода используется поэлементная кросс-валидация с последующим усреднением результата и расчётом p-value. Глава завершается сравнением представленного метода с иным методом доменной адаптации и прочими методами машинного обучения, применимого к поставленной ранее задаче. Результаты разработки показали более высокую точность классификации по сравнению с иными подходами.

В третьей главе представлен программный модуль контроля и анализа качества фМРТ данных в режиме реального времени, основанный на наборе параметров качества сигналов и изображений. Часть этих параметров рассчитывается с использованием рекурсивных вычислений. Другая часть параметров – является производной процесса обработки сигналов в рабочем цикле проекта OpenNFT. Помимо самих параметров в главе также описываются данные, используемые в этой части исследования, - параметры их получения и расчёт зон интереса. Представляется архитектура разработанного программного модуля и его внедрение в основной программный комплекс. Приводится подробное описание разработанной библиотеки ruOpenNFT и её функционал, как он используется в дальнейшей работе. Далее по повествованию следует подробное описание результатов расчёта каждого параметра для двух типов данных – с заданием и без, приводятся необходимые

таблицы и графики. Глава завершается подробным пояснением результатов и их сравнением с работами других авторов.

### **Научная новизна полученных результатов**

1. Впервые предложен метод доменной адаптации нейросетевых моделей обнаружения аномалий на основе одношагового метаобучения с обучением на условно-реальных данных.
2. Предложена новая свёрточно-рекуррентная нейросетевая архитектура для обнаружения ступенчатых аномалий в данных движения головы в сеансе фМРТ сканирования.
3. Впервые предложен алгоритм синтеза условно-реальных данных с переносом статистических характеристик шума с реальных данных движения головы в сеансе фМРТ сканирования.
4. Разработана информационная технология анализа качества фМРТ данных в режиме реального времени, впервые привлекающая рекурсивные оценки отношений сигнал-шум и контраст-шум, оценку количества пиков в сигнале, оценку отфильтрованного шума, оценку линейного тренда и оценку отношения сигнал-шум для сигнала с исключенной компонентой задания, а также результат нейросетевого обнаружения ступенчатых аномалий в движениях головы.

### **Практическая значимость работы**

Метод одношагового метаобучения, разработанный в рамках диссертационного исследования, лег в основу программного обеспечения с открытым исходным кодом, позволяющего анализировать качество и своевременно обнаруживать аномалии различного рода в фМРТ данных в режиме реального времени. Таким образом использование нового метода позволяет снизить временные и денежные затраты на проведение фМРТ экспериментов.

### **Замечания по диссертационной работе**

1. В первом главе не приведено обоснование выбора программного комплекса OpenNFT в качестве платформы для внедрения

представленных в диссертации разработок. Не ясно, чем это ПО лучше, чем аналогичные ему и по какой причине оно было выбрано.

2. Во второй главе приводится точность на первом и третьем этапе, но не указана как изменилась точность после второго этапа метаобучения и формирования результирующей модели  $w_M$ .
3. В третьей главе не обоснован выбор представленных в программном модуле параметров качества. Почему были выбраны именно эти характеристики, а не иные, также широко используемые в анализе данных?
4. Не ясно насколько точно были рассчитаны параметры качества в программном модуле.

Отмеченные недостатки не влияют на степень обоснованности основных результатов и не отменяют положительной характеристики диссертационной работы.

### **Заключение**

Диссертационная работа «Анализ одного класса последовательностей биомедицинских изображений с доменной адаптацией нейросетевых моделей и обучением на основе условно-реальных данных» является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержатся новые решения и положения, представляющие научный интерес и обладающие практической значимостью.

Уровень диссертации соответствует всем требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 года, а, её автор, Давыдов Никита Сергеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.1 «Искусственный интеллект и машинное обучение».

Доклад по диссертационной работе заслушан и одобрен на открытом семинаре лаборатории №11 «Зрительные системы» (протокол №43.2023 от 3 октября 2023 г.).



Николаев Дмитрий Петрович,  
канд. физ.-мат. наук,  
заведующий лабораторией  
№11 «Зрительные системы»  
ИППИ РАН

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук.

Почтовый адрес: 127051, г. Москва, Большой Каретный переулок, д. 19 стр. 1.

Телефон: +7(495) 650-42-25

Адрес электронной почты: [director@iitp.ru](mailto:director@iitp.ru)

Web-сайт организации: <http://www.iitp.ru/>